

本物を体験することの意義 ーハンズオン実習とパラボリックフライトー

東京理科大学 理工学部 電気電子情報工学科 教授 ^{きむら}木村 ^{しんいち}真一

はじめに

参加者が機器の製作やデータの解析など体験を通して実施する体験型学習は、物事の仕組みを深く理解する上で効果的な方法です。これらの体験学習に、研究者・技術者が直接携わっている本物のデータや本物の装置を用いることは、その背後にある本物の持つ意味によって、より深く実感を持って対象を捉えることができると考えられます。

宇宙開発について学ぶとき、本物を用いる意味はさらに大きく、これらの効果をより一層高めることが期待できます。本物を用いることで、モチベーションを一層高めるだけでなく、宇宙開発の本質について学ぶことができます。

例えば、実際の衛星搭載機器を組み上げていく過程を体験することで、搭載機器を開発する上で設計の背後にある考え方を深く理解し、製造プロセスにおいて考慮すべきことについて、実体験を通じて感じ取ることができます。また、実際の衛星運用の現場では、衛星と通信できる限られた時間内に、実際に運用に用いられている端末を使ってさまざまなチェックや操作を行い、その背後に実際の衛星を意識することで、衛星運用の実態に触れ、運用システムの課題やひいては衛星設計について深く考えることができます。

さらに、パラボリックフライトのような、実験実施時期があらかじめ明快地決まっていて、実験を実現する上でのサイズ・質量・実験機器の構成などに強い拘束条件のもとで実

現できる実験を考えることは、宇宙開発のまさに本質であって、プロジェクトのマネジメントやチーム構成を含めた幅広い体験を実現することができます。

そこで宇宙教育プログラムでは、本物を教材として効果的に活用することを重視し、本物を活用した体験型の実習にも力を入れています。

ここでは、2015年度宇宙教育プログラムで実施した、3つの体験型実習「宇宙用カメラ開発実習」「衛星運用システム実験」「パラボリックフライト実験」について紹介します。

宇宙用カメラ開発実習

カメラの開発は小規模ながら、回路設計、光学設計、構造設計、信号伝送やソフトウェアなどさまざまな技術を含んでいるのに加えて、画像という形で成果を直感的に理解することができるので、システム設計・開発を学ぶ意味で非常に効果的な教材です。システム構成が比較的簡単なので、学習する上でのエッセンスを抽出して、実践的に作業をするポイントを絞り込むと、1日～数日程度の作業でオリジナルなカメラを作ることにもできます。

東京理科大学では、これまでいくつかの宇宙用カメラを開発し、実際のミッションで活用されてきた実績から、宇宙用カメラのエッセンスをこうした実践的物作り教育に盛り込むことができます。何より、宇宙実績のある部品・回路構成で教材を構成することで、実

際に宇宙機に搭載できるオリジナルカメラができることになり、参加者にとっては強いモチベーションになると期待できます（写真1, 2）。

宇宙用カメラ開発ハンズオン実習ではIKAROSやはやぶさ2の監視カメラシステムに活用された、OV7950イメージャーを活用したカメラ作成キットを開発し、参加者それぞれが、搭載カメラの仕組みや、搭載機器を開発する上で必要な機能を学びつつ、半田付けや機構組み立て、動作確認といった基本的な作業を一通り体験する体験型実習を実施しました。

作成したカメラは、映像をNTSCビデオ信号として出力することができるので、その場で確認することができ、映像という分かりやすい形で、作業の達成を確認することができ、また、作成したキットを各家庭のテレビ等を使って、映像を楽しんだり、追加実験を行うこともできます。このカメラ作成キットは教材として整備し、一般にも提供することを検討しています。

衛星運用システム実験

東京理科大学では宇宙航空研究開発機構（JAXA）と共同で、衛星運用システムについて人間工学的な視点から評価実験を行ってきました。この実験では、人間の視線移動を計測するアイマークレコーダを活用して、衛星運用時の運用者の視点移動を計測することで、運用システムのデザインと作業効率などの関係を明らかにすることを目的としています。この枠組みを活用し、後期利用実験を行っているJAXAの小型衛星SDS-4の運用に



写真1 宇宙用カメラ開発実習の様子



写真2 宇宙用カメラ開発実習で作成したカメラの外観

参加し、衛星運用システムの人間工学的な評価実験を実施させていただきました。

参加者はJAXAの運用担当者の指導を受けつつ、アイマークレコーダーを装着して衛星状況のモニター作業を実施し、衛星の運用について理解するとともに、人間工学的実験の手法についても理解することができました。

SDS-4は低軌道周回衛星なので、通信時間が10分程度と限られていて、その限られた時間内に作業を実施するという、衛星運用特有の緊張感を体験することができました（写真3）。またその背後に実際の衛星が動いているという実感から、衛星を開発するという視点とはまた異なった、衛星を活用するという視点から、衛星運用にとどまらず衛星の仕組みや働きについても、より深く理解することができたと考えられます。

衛星運用システム実験については、民間企



写真3 衛星運用システム実験の様子

表1 パラボリックフライト特別体験での実験テーマ

グループ名	実験内容
FREP	3次元空間における磁力線の観察
P3	微小重力がスチレンパーパー飛行機の飛行挙動に及ぼす影響
SEM	微小重力下での液膜の観察
Expimks	微小重力空間における振り子の振動
Team ME	微小重力下での物体の回転運動 - 重心・形状と回転挙動の関係およびジャイロ安定性 -
GMSY	電磁コイルを用いた次世代ロケット発射システムのシミュレーション実験

業とも現在共同研究の話があり、今後もさまざまな実施形態を考えていきたいと考えています。

特別体験プログラム：

パラボリックフライト実験

「宇宙教育プログラム」ではその大きな目玉として、パラボリックフライトを用いた特別体験プログラムを実施しています。この特

別体験プログラムでは、受講生は4から6名のグループにわかれて、各班それぞれに1フライトのパラボリックフライト実験機会と代表者1名の搭乗を提供するというものです。その実験機会を活用してどのような実験を行うかは、すべてグループごとに計画し、実験に必要な装置の開発、実験シーケンスの検討、実験を実施する上でのグループ内での役割の分担、実験データの解析などすべて、受講生がグループ単位で自主的に取り組むことにしています。

パラボリックフライトでは搭乗する際、持ち込むことができる実験機器

のサイズ・質量とも厳しく制限されているほか、液体の持ち込み量に関する制限や実験機器として用いる資材などにも制限があります。また、微小重力状態は1回10秒程度と限られており、限られた時間の中で、いかに効率よく実験を実施するかといった実験手順の組み立てや、状況に応じた手順の構築なども重要になります。さらに今回は、実験の準備期間が、実験の計画立案から2ヵ月程度と非常に限られていたこともあり、フライトに合わせていかに準備を進めるかというスケジュール管理も極めて重要になりました。

このような取り組みを通じて、搭乗する受講生が微小重力環境を体験するという以上に、宇宙プロジェクトで非常に重要な、さまざまな制約条件の下で実験を計画する力や、スケジュールの管理、効果的な運用手順の検討、不具合事象等の洗い出しとその対処方法

の検討，ミッションをチームで取り組む協調性，成果を効果的に発表するプレゼンテーション力などについても体験的に修得することができます。

今回は6チームにわかれて，1日1フライト3チームを2日間の日程で実施しました。各チームの実験テーマについて表1にまとめます。実験結果については，3月14日に成果発表会を開催し，各グループごとに発表を行っていただきましたが，いずれの実験も非常に良く計画・実施されていて，興味深いものが多く，中には学会にエントリーし発表する実験課題もありました（写真4）。

スケジュール上，実験の計画から実施まで，2ヵ月程度という非常に厳しい日程で，途中3回の実験内容検討会を行い，各グループの進行状況を確認しつつ，本実験に備えました。また，フライトの日程についてはあらかじめ確定されていて，変更できないので，限られた期間内に自ら企画した実験を実現することが求められます。このプログラムは宇宙プロジェクトのエッセンスを含んだ，非常に効果的な課題であったと考えることができます。

おわりに

ここでは，2015年度に宇宙教育プログラムで実施した3つの体験型実習「宇宙用カメラ開発実習」「衛星運用システム実験」「パラボリックフライト実験」について紹介しつつ，その効果について考えてきました。

宇宙開発について，本物を用いた体験型の実習は，参加者に高いモチベーションを与えるとともに，搭載機器を開発する上で設計



写真4 特別体験プログラム：パラボリックフライト実験の様子

の背後にある考え方を深く理解し，宇宙プロジェクトで非常に重要な，さまざまな制約条件の下で実験を計画する力や，スケジュールの管理などプロジェクトのマネジメントについても体験的に修得することができました。今後も，理科大に存在する多くの「本物」を活用して，より一層効果的な体験型実習を実現できるよう工夫していきたいと考えています。

※本プログラムは，文部科学省 宇宙航空科学技術推進委託費 委託事業（最先端宇宙科学技術で学ぶ「宇宙教育プログラム」の開発）によって実施されるプログラムです。